XIV. *Erythroskop und Melanoskop;* von *E. Lommel.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus Zöller's ökon. Fortschritten 1871 No. 6.)

Hr. Simmler hat in Pogg. Ann. Bd. CXV, (1862) S. 599 einen kleinen Apparat, von ihm *Erythrophytoskop* genannt, beschrieben, welcher wegen seiner überraschenden Wirkung in weiteren Kreisen bekannt zu werden verdient, als dies bis jetzt der Fall gewesen zu seyn scheint. Das *Erythrophytoskop* besteht (nach einer von Wild angegebenen Modification) aus zwei übereinandergelegten farbigen Glasplättchen, einem blauen Kobaltglas und einem dunkelgelben Eisenoxydglas; zwei solche Paare, für jedes Auge eins, sind brillenartig in einen mit mattschwarzem Papier überzogenen und mit einem Ausschnitt für die Nase versehenen Carton gefaßt. Man kann auch die Fassung mit einem passend ausgeschnittenen Rande versehen, welcher den Umgebungen der Augen sich anschmiegend seitliches Licht möglichst fernhält.

Betrachtet man durch eine solche Brille, am besten von einem schattigen Standpunkt aus, eine sonnenbeglänzte, vegetationsreiche Landschaft, so erscheinen die Pflanzen *leuchtend corallenroth*, der Himmel prächtig cyanblau, die Wolken röthlich violett, das Erdreich in verschiedenen Abstufungen violettgrau. Dabei ist dem Landschaftsbilde weder der anmuthige Wechsel von Licht und Schatten, noch der Reichthum der Farben verloren gegangen, diese scheinen vielmehr an Reinheit mit Sättigung gewonnen zu haben; der frischgeflügte Acker-Grund hebt sich in schwarzvioletter Neutraltinte kräftig ab von dem zarten Violettgrau des sandigen Weges; über dem herrlich blaugrünen See wölbt sich tiefblau der Himmel, an dem rosige Wolken schweben; aber geradezu märchenhaft wirkt das lichte Roth, in welches das gewohnte Grün der Pflanzen wie durch einen Zauber verwandelt erscheint.

Nur dem vegetabilischen Grün kommt die Eigenschaft zu, durch ein solches Glas betrachtet roth zu erscheinen; andere grüne Gegenstände, z. B. grün angestrichene Fensterläden oder Gartenzäune, grün gefärbte Papiere usw. werden einfach dunkelgrün gesehen.

Diese merkwürdige Wirkung des Erythrophytoskop läßt sich leicht erklären aus den optischen Eigenschaften der Gläsercombination einerseits und jenen des Blattgrüns andererseits.

Untersucht man das durch das blaue Kobaltglas durchgegangene Licht spectroscopisch, so findet man, daß folgende Strahlengattungen darin enthalten sind: das äußerste Roth bis zur Fraunhofer'schen Linie *B* (bis 28¹⁾), mit großer Lichtstärke; ein schmaler und lichtschwächerer Streifen Gelbgrün (von 55 bis 60); endlich das Grün, Blau und Violett (von 77 an) bis ans Ende des Spectrums sehr lichtstark. Für die übrigen Theile des Spectrums (von 28 bis 55, von 60 bis 77) ist das Glas nahezu undurchsichtig, es »absorbirt« dieselben.

Das gelbe Glas dagegen läßt das gesammte Roth, Orange, Gelb und Grün (bis 80) vollkommen gut durch, schwächt aber das Blaugrün und Blau bis *G* (127), und absorbirt vollständig das Violett von *G* an.

Die beiden Gläser mit einander combinirt sind daher nur für folgende Theile des Spectrums durchsichtig: für das äußerste Roth vor *B*, stark; für Gelbgrün zwischen 55 und 60 schwach; für Blaugrün und Blau zwischen 77 und 127, wovon jedoch nur das mittlere Blau ziemlich stark erscheint. Das gelbe Glas hat nur den Zweck, das vom Kobaltglas reichlich durchgelassene Blau und Violett so weit zu dämpfen, daß es das im Vergleich mit anderen Theilen des Spectrums wenig lichtstarke äußerste Roth, auf welches es hier vorzugsweise ankommt, nicht mehr überwuchere.

Analysirt man in ähnlicher Weise das durch ein grünes Pflanzenblatt durchgegangene Licht, so findet man, daß es

1) Die Zahlen beziehen sich auf die gewöhnlich gebrauchte Scale des Steinheil'schen Spectroskops, die Linie *D* bei 50 angenommen.

das äußerste Roth bis nahe an *B* vollkommen ungeschwächt, dann ziemlich lichtstark das Roth, Orange, Gelb und Grün zwischen *C* und *E* enthält. Im brechbareren Theile des Spectrums beginnt die Verdunkelung schon bald hinter *E* (72), das verdunkelte Grün, Blau und Violett bleibt aber noch sichtbar bis jenseits der Mitte von *F* und *G*; von hier an herrscht völliges Dunkel. Aber besonders charakteristisch ist, daß das mittlere Roth zwischen *B* und *C* beinahe ganz fehlt, in dem es von dem Pflanzenblatt fast vollständig verschluckt wird; im Spectrum erscheint daher zwischen *B* und *C* ein dunkler Streifen¹⁾.

Der dunkle Streifen im Roth, wie ihn das in lebenden grünen Blättern enthaltene feste Chlorophyll giebt, unterscheidet sich jedoch in Lage und Aussehen deutlich von demjenigen einer Blättergrünlösung. Beim gelösten Chlorophyll beginnt der schwarze Streifen erst hinter *B* (bei 29); beim festen Chlorophyll der lebenden Blätter dagegen beginnt er schon merklich vor *B* (bei 27) und erstreckt sich bis hinter *C* (bis 36); tiefschwarz zeigt er sich aber nur in seiner ersten Hälfte, die zweite Hälfte ist bloß verdunkelt, so daß er aus zwei unmittelbar an einander stoßenden Streifen zu bestehen scheint, einem völlig schwarzen (27 bis 32) und einem schattenartig dunkeln (32 bis 36)²⁾.

1) Vergl. »Ueber das Verhalten des Chlorophylls zum Licht«. Oekon. Fortschr. No. 3, 1871. (Siehe auch das nächste Heft der Ann. S. 568.)

2) Befremdlich erscheint eine Mittheilung vom Hrn. Prof. J. J. Müller in Freiburg über »das Grün der Blätter« in Pogg. Ann. Bd. CXLII, S. 615. Als Hr. Müller »ein Handspectroskop gegen die Rückseite eines frischen Blattes richtete, dessen Vorderseite von der Sonne beschienen war, beobachtete er ein Spectrum, welches sich ohngefähr von *F* bis *B* erstreckte, aber auf dieser ganzen Strecke nicht eine Spur der dunkeln Absorptionsbänder zeigte, welche für das Chlorophyll so charakteristisch sind.«

Der wahre Sachverhalt ist der oben im Text angegebene; das Grün der Blätter zeigt nicht nur die Absorption im Violett, sondern stets auch den charakteristischen dunkeln Streifen im Roth zwischen *B* und *C*.

Ich habe in dieser Hinsicht eine große Anzahl grüner Blätter aus den verschiedensten Pflanzenfamilien mittelst eines Steinheil'schen

Die grüne Farbe, in welcher uns die Pflanzen erscheinen, hat dieselbe Zusammensetzung wie das durch ein einzelnes Blatt gegangene Licht; indem das Sonnen- oder Tageslicht die Blätter bescheint, dringt es bis auf eine gewisse Tiefe in das chlorophyllhaltige Zellgewebe ein, und gelangt, nachdem ihm die oben genannten Strahlengattungen durch Absorption entzogen sind, aus den noch übrigen gemischt in unser Auge. Das von den Pflanzen zurückgestrahlte in seiner Mischung dem Auge grün erscheinende Licht enthält daher folgende Bestandtheile: *Das äußerste Roth bis nahe vor B vollkommen ungeschwächt*; das Roth, Orange, Gelb und Grün zwischen *C* und *E* mit ziemlich großer Lichtstärke, endlich Dunkelgrün, Blau und Dunkelblau nur schwach bis etwa zur Mitte zwischen *F* und *G*; *es enthält dagegen gar nicht oder nur äußerst schwach das Roth zwischen B und C, und eben so wenig das Dunkelblau und Violett von der Mitte zwischen F und G an.*

Man kann sich leicht überzeugen, daß das von den Pflanzen zerstreut zurückgeworfene Licht in der That die

Spectroskops untersucht. Alle, Monocotylen und Dicotylen, Coniferen und Farne, Laub- und Lebermoose, jüngere und ältere, hell- und dunkelgrüne Blätter, zeigen sowohl im durchgegangenen wie im reflectirten Licht den Absorptionsstreifen zwischen *B* und *C* als *dicken dunkeln Balken*. Die von Hrn. Müller speciell namhaft gemachten Pflanzen machen hievon keine Ausnahme. Auch im Mikrospectroskop zeigt jedes einzelne Chlorophyllkorn den genannten dunkeln Streifen.

Der irrthümliche Befund des Hrn. Müller läßt sich vielleicht in folgender Weise erklären. Das äußerste Roth, welches durch die grünen Blätter reichlich durchgeht und zurückgeworfen wird, wurde wegen des geringen Eindrucks, den es im Vergleich mit dem übrigen Roth, Orange Gelb und Grün auf unser Auge macht, übersehen. Hr. Müller sah daher nur ein continuirliches Spectrum, welches von *F* bis *C* (nicht bis *B*!) sich erstreckte. Nun waren aber in dem zur Beobachtung verwendeten Handspectroskop »die Linien *D*, *C* und *B* nicht deutlich erkennbar, so daß die Gränzen der Spectra auf der rothen Seite nur durch Schätzung bestimmt werden konnten.« Bei dieser Schätzung scheint ein Fehler begangen, nämlich die Linie *C* für die Linie *B* genommen worden zu seyn.

Eine richtige Abbildung des Spectrums des Grüns der Blätter von Hrn. Hagenbach findet sich in Pogg. Ann. Bd. CXLII. Taf. II Fig. 9.

hier angegebene Zusammensetzung hat. Es genügt, das *Spaltrohr des Spectroskops ins Freie hinaus auf eine gut beleuchtete Baum- oder Strauchgruppe zu richten*. Man sieht alsdann genau das nämliche Spectrum, welches oben für das durch ein Pflanzenblatt *durchgegangene Licht* beschrieben wurde; sowohl die Absorption im Violett als auch der dunkle Streifen im mittleren Roth sind auf diese Weise deutlich zu erkennen.

Es ist klar, daß nur die durch das Pflanzenblatt absorbirten, d. h. die von ihm verschluckten und zurückbehaltenen Strahlen in den Zellen chemische Arbeit verrichten können; zurückgestrahlt werden nur jene, welche zu solcher Arbeit nicht verwendet worden sind. Wir können daher auch sagen, *daß das grüne von den Pflanzen zurückgestrahlte Licht eine Mischung ist aus jenen Strahlengattungen, welche die Pflanze zu ihrer Lebensthätigkeit nicht verwerthen kann und daher als unbrauchbar wegwirft*.

Die Wirkung unserer Gläsercombination hinsichtlich der Pflanzen läßt sich jetzt leicht erklären. Von allen durch die Pflanze zurückgestrahlten Lichtgattungen läßt das Glas nur das äußerste Roth reichlich, und eine schmale Portion Gelbgrün spärlich durchgehen; die Pflanzen müssen daher eine aus viel Rubinroth und wenig Gelbgrün gemischte Nüance, welche wir oben »Corallenroth« genannt haben, zeigen.

Der klare Himmel, dessen Licht die weniger brechbaren Strahlen spärlich, die brechbareren dagegen reichlich enthält, wird eine aus wenig Blaugrün und viel Blau gemischte cyanblaue Farbe zeigen. Die Wolken, wie alle weißen Gegenstände, welche das Sonnenlicht in unveränderter Mischung zurückwerfen, erscheinen in einer aus sämmtlichen von dem Glase durchgelassenen Lichtarten gemischten röthlich violetten Färbung. Grüne Pigmente, z. B. Schweinfurtergrün, Grünspan usw., welche die rothen Strahlen absorbiren und vorzugsweise Gelb, Grün und etwas Blau zurückwerfen, werden in einer aus viel Blaugrün und wenig Blau gemischten dunkelgrünen Farbe gesehen.

Die rothe Farbe, in welcher die Pflanzen durch das beschriebene Simmler'sche Erythrophytoskop betrachtet erscheinen, ist nicht ganz rein, indem sich ihr noch ein wenig Gelbgrün beimischt. Man kann diese Beimischung vermeiden, wenn man statt des gelben Glases ein *hellrothes* Ueberfangglas (Kupferoxydulglas) mit dem blauen Kobaltglas vereinigt. Ein solches Glas schwächt wie das Eisenoxydglas das Grün und Blau, zeigt aber gerade da, wo der helle gelbgrüne Streifen des Kobaltglases hinfällt, einen dunkeln Absorptionsstreifen. Diese neue Combination läßt also einerseits das äußerste Roth, andererseits Blaugrün und Blau, dagegen kein Gelbgrün durch. Die Wirkung ist der des zuerst beschriebenen Erythrophytoskops ähnlich, nur noch brillanter. Die Pflanzen erscheinen in reinem leuchtenden Rubinroth, der Himmel tief violettblau, die Wolken in zartem Purpur.

Ueberhaupt wird jede gefärbte durchsichtige Substanz, oder jede Combination aus solchen, deren durchgelassenes Licht ein ähnliches Spectrum giebt wie das der genannten Gläsercombinationen, auch einen ähnlichen Effect hervorbringen wie diese. Eine Lösung von *schwefelsaurem Indigo* z. B. von geeigneter Concentration, in einen parallelwandigen Glastrog gebracht, wirkt für sich allein schon als Erythrophytoskop; nur erscheinen alle Farben durch beige-mischtes Grün, welches durch die Indigolösung reichlich hindurchgeht, schmutzig und unrein. Auch eine Lösung von *Chlorophyll* mit einem blauen Kobaltglase combinirt, giebt eine ähnliche Wirkung.

Die schon von Hrn. Simmler als falsch erkannte Meinung, daß die durch die beschriebenen Apparate wahrgenommene rothe Färbung der Pflanzen von der Fluorescenz des Chlorophylls herrühre, muß entschieden verworfen werden. Das Fluorescenzlicht einer Chlorophylllösung entspricht seiner Brechbarkeit nach dem Spectralbezirk von *B* bis *C*, und würde sonach, wenn es vorhanden wäre, durch das Erythrophytoskop nicht durchgehen. Fluorescenzlicht ist gar nicht vorhanden, denn das *feste Chloro-*

phyll, so wie es in den Pflanzenblättern enthalten ist, fluorescirt überhaupt nicht.

Das Erythrophytoskop, indem es die Pflanzenwelt ins Abentheuerlich umfärbt und die übrigen Gegenstände mit gesättigteren Farben schmückt, beeinträchtigt nicht nur nicht, sondern erhöht noch die Anmuth der Landschaft. Wir wollen jetzt noch zwei andere Gläsercombinationen kennen lernen, welche zwar ihrer Einfarbigkeit wegen den Reiz des Landschaftsbildes vermindern, dafür aber *das Verhalten des Blattgrüns zu verschiedenartigem rothen Licht* in belehren-der Weise zur Anschauung bringen.

Die Combination eines blauen Kobaltglases mit einem *dunkelrothen* Ueberfanglas (Rubinglas, Kupferoxydulglas) läßt nur das äußerste Roth vor *B* durch. Es werden daher alle Gegenstände durch dieselbe betrachtet heller oder dunkler rubinroth gesehen. Die Pflanzen, welche das äußerste Roth in reichlicher Menge ausstrahlen, erscheinen außerordentlich *hell*.

Eine sonnenbeschienene Baumkrone erscheint so hell als eine weiße Wolke; das Blätterwerk, welches mit bloßem Auge gesehen dunkel vom klaren Himmel absticht, zeichnet sich jetzt hell auf dunklem Grunde ab; der Rasen, welcher für das bloße Auge dunkler ist als der bekieste Weg, erscheint hell, der Kiesweg dunkel. Man erhält den für die malerische Wirkung freilich wenig günstigen Eindruck, als ob Rasen, Sträucher, Bäume weiß gepudert wären.

Wir wollen diese Gläsercombination, in oben angedeuteter Weise brillenartig gefaßt, als *Erythroskop* bezeichnen.

Combinirt man ferner ein *dunkelrothes* nur für Roth und Orange bis *D* hin durchgängiges Rubinglas mit einem hellvioletten Glas, welches das äußerste Roth und das Orange dämpft, so geht durch beide Gläser zusammen nur das mittlere Roth in erheblicher Stärke durch. Die rothe Nuance dieser Combination ist von der der vorigen kaum zu unterscheiden. Himmel, Wolken, Häuser, Erdreich werden ganz eben so gesehen wie durch das Erythroskop, die Pflanzen dagegen erscheinen *dunkel*, fast schwarz. Der Grund

dieser Erscheinung ist, daß das rothe Licht zwischen *B* und *C*, für welches das Glas vorzugsweise durchsichtig ist, von den Pflanzen kräftig absorbiert und nur spärlich zurückgestrahlt wird. Die Pflanzen müßten noch dunkler erscheinen, wenn es gelänge, auch noch die Antheile des Roth vor *B* und hinter *C*, welche immer noch, wenn auch schwächer, durch die Gläsercombination hindurchgehen, völlig zu beseitigen. Es gelang mir aber nicht, einen durchsichtigen Körper (oder eine Zusammenstellung solcher) aufzufinden, der gerade nur den Spectralbezirk von *B* bis *C* durchliese. Die beschriebene Combination giebt jedoch immerhin eine befriedigende Leistung; wir wollen sie *Melanoskop* nennen.

Ein Blick durch diese »gefärbten Brillen« erläutert uns sonach eine wichtige Wahrheit: sie zeigt uns den enormen Unterschied in dem Verhalten der Pflanzen zu dem äußersten Roth einerseits, und dem mittleren Roth andererseits.

Das *Erytroskop* zeigt, daß das äußerste Roth vor *B* von den Pflanzen reichlich zurückgestrahlt wird, und sonach in den Zellen nicht zur Verwendung gelangte.

Das *Melanoskop* dagegen zeigt, daß das mittlere Roth (zwischen *B* und *C*) von den Pflanzen verschluckt und zurückbehalten wird; gerade diese durch das Chlorophyll so überaus kräftig absorbirten und dabei mit hoher mechanischer Intensität ausgestatteten Strahlen aber sind es, welche die Assimilationsthätigkeit der Pflanze vorzugsweise anregen¹⁾.

1) Vergl. Oek. Fortschr. No. 3 (Märznummer) 1871.